

## 광역도시 사회경제적 재해 취약성 평가

# Metropolitan Socio-economic Disaster Vulnerability Assessment

박윤경\* · 차우영\*\* · 김정숙\*\*\* · 김상단\*\*\*\*

Park, Yoonkyung\*, Cha, Wooyoung\*\*, Kim, Jeongsook\*\*\*, and Kim, Sangdan\*\*\*\*

### Abstract

To select priority of disaster prevention project against natural disasters such as landslide, the disaster vulnerability assessment with the same criteria has to be implemented in the whole country. In South Korea, most people tend to live in metropolitans such as Seoul. When assessing vulnerability under natural disasters, it is not suitable to use the same criteria in the whole country. In this study, the socio-economic disaster vulnerability with the same criteria is performed in seven metropolitans which have high population density and its result is shown by the form of vulnerability maps. While Seoul metropolitan district (Seoul and Incheon) has low socio-economic vulnerability, Yeongnam district (Busan, Daegu and Ulsan) is much more vulnerable in the socio-economic sense. It means that Yeongnam district is more vulnerable than other places when natural disasters occur. The proposed methodology is expected to be utilized as pre-study for estimating socio-economic disaster vulnerability in the whole South Korea.

**Key words** : Census-output Region, Metropolitan, Socio-economic Disaster Vulnerability

### 요 지

토사재해와 같은 자연재해에 대한 피해 저감을 위한 사업 우선순위를 선정하기 위해서는 전국적으로 동일한 기준으로 재해 취약성 평가가 수행되어야 한다. 그러나 우리나라는 인구가 광역도시에 밀집되는 경향을 보이고 있어 전국의 모든 도시에 동일한 기준을 적용하여 취약성을 평가하는 것은 적합하지 않다. 이에 본 연구에서는 인구가 과도하게 밀집되는 7개 광역도시에 대하여 동일한 기준으로 사회경제적 취약성을 평가하고 이를 지도화하였다. 수도권지역(서울, 인천)의 사회경제적 취약성이 비교적 낮게 산정되었으며, 영남지역(부산, 대구, 울산)은 사회경제적 취약성이 높은 것으로 평가되어 동일한 자연재해가 발생하더라도 영남지역이 보다 취약할 것으로 예측되었다. 본 연구에서 제시한 방법은 추후 전국적으로 사회경제적 재해 취약성을 평가하기 위한 사전연구로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

**핵심용어** : 집계구, 광역도시, 사회경제적 재해 취약성

## 1. 서 론

자연재해로 인한 피해를 저감하기 위해서 우리나라 뿐만 아니라 해외에서도 많은 연구들이 진행되고 있다. 기존의 자연재해 피해 저감을 위한 연구방법은 공학에 기반을 두고

물리적으로 자연재해의 발생예상지역을 식별하고 그 규모를 예측하는 것이 주를 이루고 있다(Park et al., 2016b). 최근에는 자연재해의 발생범위 및 규모 예측에 더하여, 그에 따른 사회경제적인 피해정도를 살펴보고, 그에 따른 대처계획을 수립하는 방향으로 연구 패러다임이 변경되고 있다.

\*정회원, 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경공학전공 박사과정(E-mail: myminey@hanmail.net)

Member, Ph. D. Student, Division of Earth Environmental System Science(Major of Environmental Engineering), Pukyong National University

\*\*정회원, 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경공학전공 석사과정(E-mail: epik\_tania@naver.com)

Member, Master Student, Division of Earth Environmental System Science(Major of Environmental Engineering), Pukyong National University

\*\*\*동서대학교 에너지생명공학부 교수(E-mail: jkim28@gdsu.dongseo.ac.kr)

Professor, Division of Energy and Bio-Engineering, Dongseo University

\*\*\*\*교신저자, 정회원, 부경대학교 환경공학과 교수(Tel: +82-51-629-6529, Fax: +82-51-629-6523, E-mail: skim@pknu.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Environmental Engineering, Pukyong National University

자연재해의 피해정도를 산정하고자 하는 연구는 다양한 측면에서 진행되어 왔다. Smith and Ware(1998)는 홍수로 인한 피해를 직접적(direct) 피해, 간접적(indirect) 피해, 유형적(tangible) 피해, 무형적 피해(intangible)로 총 4가지 유형으로 구분하고 있으며, 이러한 구분은 토사재해와 같은 다른 자연현상에 기인하는 자연재해 피해의 유형을 구분하는데도 적용이 가능하다. 기존의 공학기반의 자연재해 관련 연구는 자연재해로 인한 직접적 및 유형적 피해를 평가하는데 집중한 반면에, 자연재해로 인한 서비스 유통라인의 파괴, 파급력이 큰 사회 인프라의 손실, 재해발생으로 인한 재해 취약성 증가 등과 같은 자연재해로 인한 간접적 및 무형적인 피해를 정량화하여 평가하기에는 한계를 가진다.

간접적 및 무형적인 피해를 사회경제적 측면의 취약성으로 정의하고, 이를 평가하기 위하여 다양한 기법들이 국내외에서 활발하게 연구되고 있다(Carreño et al., 2007; Kim et al., 2011; Kim et al., 2012; Safeland, 2012; Siagian et al., 2014). 여러 가지 사례 중 Safeland(2102)는 유럽 내 여러 도시에 대하여 토석류에 대한 사회경제적 취약성 평가를 실시하였고, 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 노르웨이의 Skien시의 면적은 779 km<sup>2</sup>으로 그 면적이 서울특별시(605 km<sup>2</sup>)와 비슷하나, 인구수는 약 5만 명으로 서울특별시의 인구수가 천 만 명인데 비해 매우 적음을 확인할 수 있다. 사회경제적 취약성 평가를 수행한 다른 유럽도시들도 그 면적은 서울과 비슷하거나 넓지만 인구수는 서울에 비해 매우 적음을 Table 1을 통해 알 수 있다. 이는 동일한 면적이더라도 서울이 유럽의 다른 도시에 비해 복잡한 사회구조를 가지고 있음을 뜻한다.

취약성 평가는 자연재해로 인한 피해정도를 산정하고 이를 방재사업 우선순위 선정에 활용하는데 그 목적을 두고 있다. 복잡한 사회구조를 가진 광역도시(예를 들어, 서울)는 행정동과 같이 보다 조밀한 해상도에서도 지역적 특성이 상이하게 나타난다. 따라서 광역도시를 대상으로 효과적으로 방재사업 우선순위 선정을 위해서는 도시 규모의 취약성 평가가 아닌 보다 세밀한 해상도에서의 취약성 평가가 수행되어야 한다. 그러나 기존의 취약성 평가는 Safeland(2012)와 같이 국가 또는 도시규모에서 수행되고 있어 복잡한 사회구조를 가진 광역도시에 적용하기에는 적합하지 않다. 최근, 기존의 취약성 평가가 가지는 해상도의 한계를 인식하고 취약성을 평가하는 기본해상도를 자치구 수준에서 집계구 수준으로 규모내림 할 필요성이 제기되고 있다(Park et al.,

2014; Sim et al., 2013). 이에 Park et al.(2015, 2016a, 2016b)은 서울, 부산에 대하여 집계구 수준의 규모내림을 통해 복잡한 광역도시의 사회경제적 취약성 평가를 수행하였다. 해당 연구는 각각의 연구적용지역의 자료 특성을 이용한 평가이기 때문에, 해당 평가방법을 다른 도시에 적용하기에는 한계를 가진다. 더욱이 우리나라는 대도시에 인구가 밀집되어 있기 때문에 대도시와 중소도시가 가지는 사회경제적 구조의 특성이 상이하다. 따라서 본 연구에서는 서울특별시를 포함한 7개의 광역도시에 대하여 사회경제적 취약성 평가의 기준안을 작성하고 새로이 사회경제적 취약성을 평가해보고자 한다. 이러한 연구는 우리나라 전체에 대하여 자연재해 사회경제적 취약성을 평가하는 기초연구가 될 수 있을 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구적용지역

우리나라의 인구는 서울특별시, 부산광역시 등 광역도시에 인구가 집중되고 있다. Fig. 1을 살펴보면, 색깔이 검은 색일수록 해당지역에 거주하는 인구가 많음을 의미한다. 광역도시와 그 주변 지역에 인구가 많이 거주함을 Fig. 1을 통해서도 확인할 수 있다. 또한 통계적으로 전체 인구 중

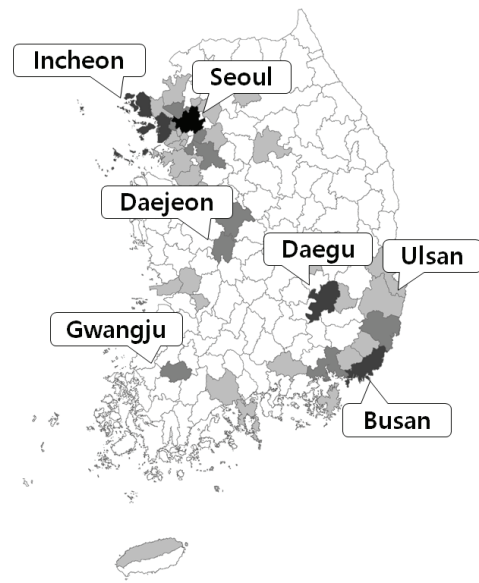


Fig. 1. Population in South Korea

Table 1. Results of Socio-economic Vulnerability in Safeland (2012)

Location	Skien, Norway	Stranda, Norway	Grevena, Greece	Andorra	Barcelonette, France	Slanic, Romania
Population	51,700	4,745	10,177	83,888	6,782	6,595
Area (km <sup>2</sup> )	779	866	1,860	468	757	40
Vulnerability	2.0	2.1	3.0	2.5	2.3	3.3

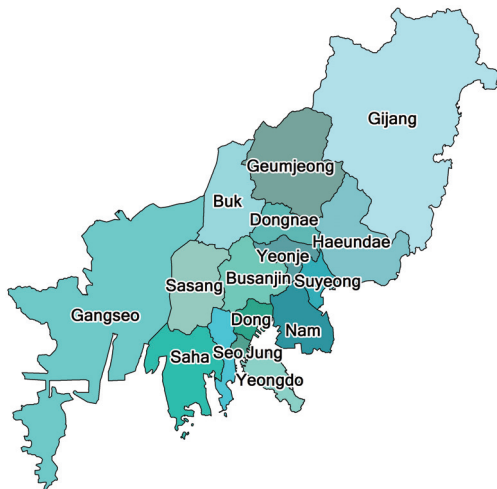
약 45 %가 광역도시에 거주하고 있다. 따라서 동일한 사회경제적 취약성 평가를 광역도시와 중소도시에 적용하는 것은 적합하지 않다. 본 연구에서는 우리나라 전체 인구 중 약 45 %의 인구가 거주하는 7개의 광역도시를 대상으로 하였다.

본 연구에서의 취약성 평가의 공간적 해상도는 집계구를 기준으로 하였다. 집계구는 통계정보를 공표하기 위한 최소 단위로서, 평균적으로 읍면동의 1/23 크기로 구획된다. Fig. 2는 부산광역시 자치구 및 부산광역시 남구의 집계구를 나타낸 것이다. 부산광역시 뿐 만 아니라 다른 광역도시의 집계구도 유사한 형태로 구획되어있으며, Table 2에 각 광역시별로 자치구 수 및 집계구 관련 제원을 나타내었다.

## 2.2 사회경제적 취약성 평가지표

자연재해에 대한 사회경제적 취약성 평가를 위하여 Park et al.(2016a)에서 적용한 지표기반모형을 참고하였다. 사회경제적 취약성을 평가하기 위하여 크게 3가지 그룹으로 구분할 수 있으며, 각 그룹은 각각 6개, 5개, 및 6개의 대리변수로 구성된다. 먼저, 자연재해가 발생하였을 때, 인명 및 사회적 취약정도를 평가할 수 있는 인구통계 및 사회적 지표(Demographic and Social Indicator, 이하 DSI)는 1) 재해

취약인구 수, 2) 재해노출위험산업 종사자수, 3) 인구밀도, 4) 외국인 수, 5) 교육수준, 6) 주거형태로 총 6개의 대리변수로 구성된다. 취약성 평가지표를 참고한 Park et al.(2016a)에서는 재해취약인구 수, 재해노출위험산업 종사자수, 외국인 수에 대해서는 비율로 나타내고 있다. 그러나 본 연구에서는 보다 보수적인 관점에서 재해 취약성을 평가하기 위하여 절대적인 양으로 비교하고자 비율이 아니라 지표별로 정량적인 값을 적용하였다. 이전 연구에서는 재해취약인구에 대해서 해당 집계구의 거주하는 인구 중 재해로 인해 피해를 입을 확률이 높은 연령(4세이하, 65세 이상)의 인구비율을 이용하여 취약성을 평가하였다. 그러나 본 연구에서는 재해취약인구 수인 그 절대적인 값을 이용하여 취약성을 평가하였다. 해당 값이 크면 클수록 자연재해에 대한 취약성이 높음을 의미한다. 마찬가지로 재해노출위험산업 종사자 수, 외국인 수도 해당 집계구(또는 자치구)의 재해노출위험산업(농업, 임업, 어업, 운수업, 건설업)에 종사하는 근로자수 비율과 외국인 비율이 아닌 재해노출위험산업 종사하는 근로자수와 외국인 수를 이용하여 취약성을 평가하였다. 해당 지표들은 선행연구사례에서도 빈번하게 사용되고 있다(Cutter et al., 2000; Eakin and Bojórquez-Tapia, 2008; Eidsvig et al., 2014). 2차 피해 유발지표(Trigger Secondary-damage



(a) Boroughs in Busan



(b) Census-output regions in Nam-gu, Busan

Fig. 2. Boroughs and Census-output Regions in Busan.

Table 2. Census-output Region Information in 7 Metropolises

Location	Seoul	Busan	Daegu	Incheon	Gwangju	Daejeon	Ulsan
Number of Borough	25	16	8	10	5	5	5
Number of Census-output region	16,230	5,921	4,320	4,588	2,522	2,542	1,896
Average size(km <sup>2</sup> ) of Census-output region	0.0374	0.1319	0.204	0.2543	0.1979	0.2124	0.5636
[Min(km <sup>2</sup> )-Max(km <sup>2</sup> )]	[0.00012 - 10.10]	[0.00032 - 21.93]	[0.000517 - 42.57]	[0.00082 - 47.10]	[0.0012 - 23.52]	[0.00017 - 24.38]	[0.0014 - 47.62]

Indicator, 이하 TSI)는 1) 공공청사 개수, 2) 도로면적비, 3) 전기공급시설 개수, 4) 학교면적비, 5) 상업 및 공업지역 면적비로 구성된다. TSI는 재해로 인하여 발생하는 직접적인 피해 외에 서비스 유통라인 파괴, 지속적인 재해발생으로 인한 재해 취약성 증가와 같은 간접적인 피해를 평가하기 위한 항목으로 구성하였다. 재해 대비 및 대처지표(Preparation and Response Indicator, 이하 PRI)는 재해가 발생하였을 경우 자치구가 가지는 대처정도를 평가하기 위한 항목으로 구성되었다. 우리나라 재해 대처를 위한 방재행정은 집계구보다 시군구 또는 시도 단위로 수행되고 있기 때문에, 이 경우에는 집계구 규모의 자료 적용은 적절하지 않으며, 집계구

규모의 가용자료 역시 부족한 실정이다. 본 연구에서는 자치구 단위의 가용자료를 이용하여 1) 재난발생빈도 2) 인터넷 보급율, 3) 방재시설 개수, 4) 재해에 대한 안전인식도, 5) 의료기관 종사자수, 6) 재정자립도, 총 6개의 PRI 대리변수를 구성하였다. 각 대리변수에 대한 자세한 내용은 Park et al.(2016a)을 참고할 수 있다.

2.3 광역도시 대상의 사회경제적 취약성 정량화  
광역도시를 대상으로 사회경제적 취약성 지수(Socio-economic Vulnerability Index, 이하 SVI)는 1) 대리변수 별로 사회경제적 취약성 정량화 기준에 따라 정량화 과정을 수행

**Table 3.** Classification Criteria and Its Weight about Surrogate Variables of DSI

Surrogate Variable	Weight	Classification	Class
Number of vulnerable population under disaster	0.1599	Less than 43 people	1
		More than 43 people, less than 60 people	2
		More than 60 people, less than 79 people	3
		More than 79 people, less than 106 people	4
		More than 106 people	5
Number of vulnerable employee under disaster (agriculture, forestry, mining, transportation, and construction)	0.2379	less than 10 people	1
		More than 10 people, less than 19 people	2
		More than 19 people, less than 41 people	3
		More than 41 people, less than 112 people	4
		More than 112 people	5
Population intensity	0.2314	Less than 15,874 people/km <sup>2</sup>	1
		More than 15,874 people/km <sup>2</sup> , less than 26,950 people/km <sup>2</sup>	2
		More than 26,950 people/km <sup>2</sup> , less than 46,773 people/km <sup>2</sup>	3
		More than 46,773 people/km <sup>2</sup> , less than 69,465 people/km <sup>2</sup>	4
		More than 69,465 people/km <sup>2</sup>	5
Number of foreigner	0.0830	Less than 761 people	1
		More than 761 people, less than 1,839 people	2
		More than 1,839 people, less than 3,077 people	3
		More than 3,077 people, less than 5,443 people	4
		More than 5,443 people	5
Education level (ratio of eligible people who have attended, or are attending, a post-secondary education)	0.1079	More than 39.41%	1
		More than 28.09 %, less than 39.41 %	2
		More than 20.47 %, less than 28.09 %	3
		More than 14.39 %, less than 20.47 %	4
		Less than 14.39 %	5
Housing type (ratio of people who live in apartment)	0.1799	More than 85 %	1
		More than 60 %, less than 85 %	2
		More than 30 %, less than 60 %	3
		More than 10 %, less than 30 %	4
		Less than 10 %	5

**Table 4.** Classification Criteria and Its Weight about Surrogate Variables of TSI

Surrogate Variable	Weight	Classification	Class
Number of public office	0.1525	Less than 2 units	1
		More than 2 units, less than 4 units	2
		More than 4 units, less than 6 units	3
		More than 6, less than 10 units	4
		More than 10 units	5
Area ratio of road	0.2474	Less than 7.98 %	1
		More than 7.98 %, less than 16.39 %	2
		More than 16.39 %, less than 22.10 %	3
		More than 22.10 %, less than 28.83 %	4
		More than 28.83 %	5
Number of electronic supply facility	0.3054	Less than 1 unit	1
		More than 1 unit, less than 2 units	2
		More than 2 units, less than 3 units	3
		More than 3 units, less than 8 units	4
		More than 8 units	5
Area ratio of education region	0.1152	Less than 0.59 %	1
		More than 0.59 %, less than 3.08 %	2
		More than 3.08 %, less than 6.04 %	3
		More than 6.04 %, less than 9.60 %	4
		More than 9.60 %	5
Area ratio of commercial and industry regions	0.1795	Less than 0.28 %	1
		More than 0.28 %, less than 0.57 %	2
		More than 0.57 %, less than 0.99 %	3
		More than 0.99 %, less than 2.37 %	4
		More than 2.37 %	5

하고, 2) 대리변수 별로 정량화된 값을 가중평균을 통해 산정할 수 있다. 이 때, 대리변수별 취약성 정량화는 대리변수가 가지는 단위 및 규모가 다르기 때문에 대리변수가 가지는 정성적인 성질을 상대적인 비교를 통해 평가하였다. 본 연구에서는 7개의 광역도시의 자료 전체를 이용하여 1점에서 5점까지의 5개의 등급으로 구분하고, 등급 별 도수가 전체 자료 수(즉, 7개 광역도시의 전체자료)의 20%가 되도록 배정하였다. 이 때, 등급이 높을수록 해당 대리변수는 재해에 취약하다는 것을 의미한다. 또한 가중평균을 위해서 각 대리변수별로 필요한 가중치는 AHP 기법(Saaty, 2008)을 통해 산정된 가중치를 사용하였다. 각 대리변수별 등급화 기준과 가중치를 Table 3 - 5에 나타내었다. Table 3 - 5에 나타난 바와 같이 대리변수별로 등급이 산정이 되면, Eq.

(1)을 이용하여 사회경제적 취약성을 산정할 수 있다.

$$SVI = \frac{\sum W_{DSL,i} \times S_{DSL,i}}{\sum W_{DSL,i}} + \frac{\sum W_{TSL,i} \times S_{TSL,i}}{\sum W_{TSL,i}} + \frac{\sum W_{PRI,i} \times S_{PRI,i}}{\sum W_{PRI,i}} \quad (1)$$

여기서, SVI는 사회경제적 취약성 지수,  $W_{DSL,i}$ ,  $W_{TSL,i}$ ,  $W_{PRI,i}$ 는 DSL, TSL, PRI 각각을 구성하는 대리변수  $i$ 의 가중치이다.  $S_{DSL,i}$ ,  $S_{TSL,i}$ ,  $S_{PRI,i}$ 는 세 가지 세부지표를 구성하는 대리변수  $i$ 의 등급을 의미한다. Eq. (1)을 통해서도 세 가지 세부지표에 의해서 SVI가 산정됨을 파악할 수 있다.

**Table 5.** Classification Criteria and Its Weight about Surrogate Variables of PRI

Surrogate Variable	Weight	Classification	Class
Frequency of disaster occurrence	0.1574	More than 2,267 cases	1
		More than 1,779 cases, less than 2,267 cases	2
		More than 1,137 cases, less than 1,779 cases	3
		More than 477 cases, less than 1,137 cases	4
		Less than 477 cases	5
Internet penetration rate	0.0939	More than 81.0 %	1
		More than 75.9 %, less than 81.0 %	2
		More than 72.5 %, less than 75.9 %	3
		More than 71.2 %, less than 72.5 %	4
		Less than 71.2 %	5
Number of disaster prevention facility	0.2327	More than 475 units	1
		More than 185 units, less than 475 units	2
		More than 113 units, less than 185 units	3
		More than 81 units, less than 113 units	4
		Less than 81 units	5
Awareness ratio of safety under disaster (ratio of people who think that they are very safe or safe under natural disaster)	0.2416	More than 20.8 %	1
		More than 19.1 %, less than 20.8 %	2
		More than 17.2 %, less than 19.1 %	3
		More than 15.1 %, less than 17.2 %	4
		Less than 15.1 %	5
Number of doctor per thousands people	0.1566	More than 4.03 people	1
		More than 2.47 people, less than 4.03 people	2
		More than 1.82 people, less than 2.47 people	3
		More than 1.56 people, less than 1.82 people	4
		Less than 1.56 people	5
Financial independence ratio at local government	0.1178	More than 44.5	1
		More than 33.9, less than 44.5	2
		More than 23.0, less than 33.9	3
		More than 18.8, less than 23.0	4
		Less than 18.8	5

### 3. 연구결과

전술한 바와 같이 7개 광역도시의 모든 자료를 이용하여 7개 광역도시를 대상으로 자연재해에 대한 사회경제적 취약성 평가를 수행하였다. 이 때, Eq. (1)을 통해 산정된 SVI는 1에서 5사이의 값을 가지게 된다. 상대적인 취약성 비교를 위하여 1에서 5사이로 산정된 취약성을 0에서 1사이로 정규화하여 비교하였다.

#### 3.1 세부지표 별 취약성 분포

자연재해에 대한 사회경제적 취약성 평가를 확인하기에 앞서 세부지표별로 산정된 취약성의 분포가 어떻게 나타나는지를 히스토그램을 통해 확인하고자 하였다. 각 세부지표 역시 자연재해에 대한 사회경제적 취약성 지수와 마찬가지로 1에서 5사이로 산정되는데, 상대적인 비교를 위하여 각 세부지표의 취약성 역시 0에서 1사이로 정규화하여 사용하였다.

Figs. 3과 4는 산정된 DSI와 TSI를 이용하여 각 광역도

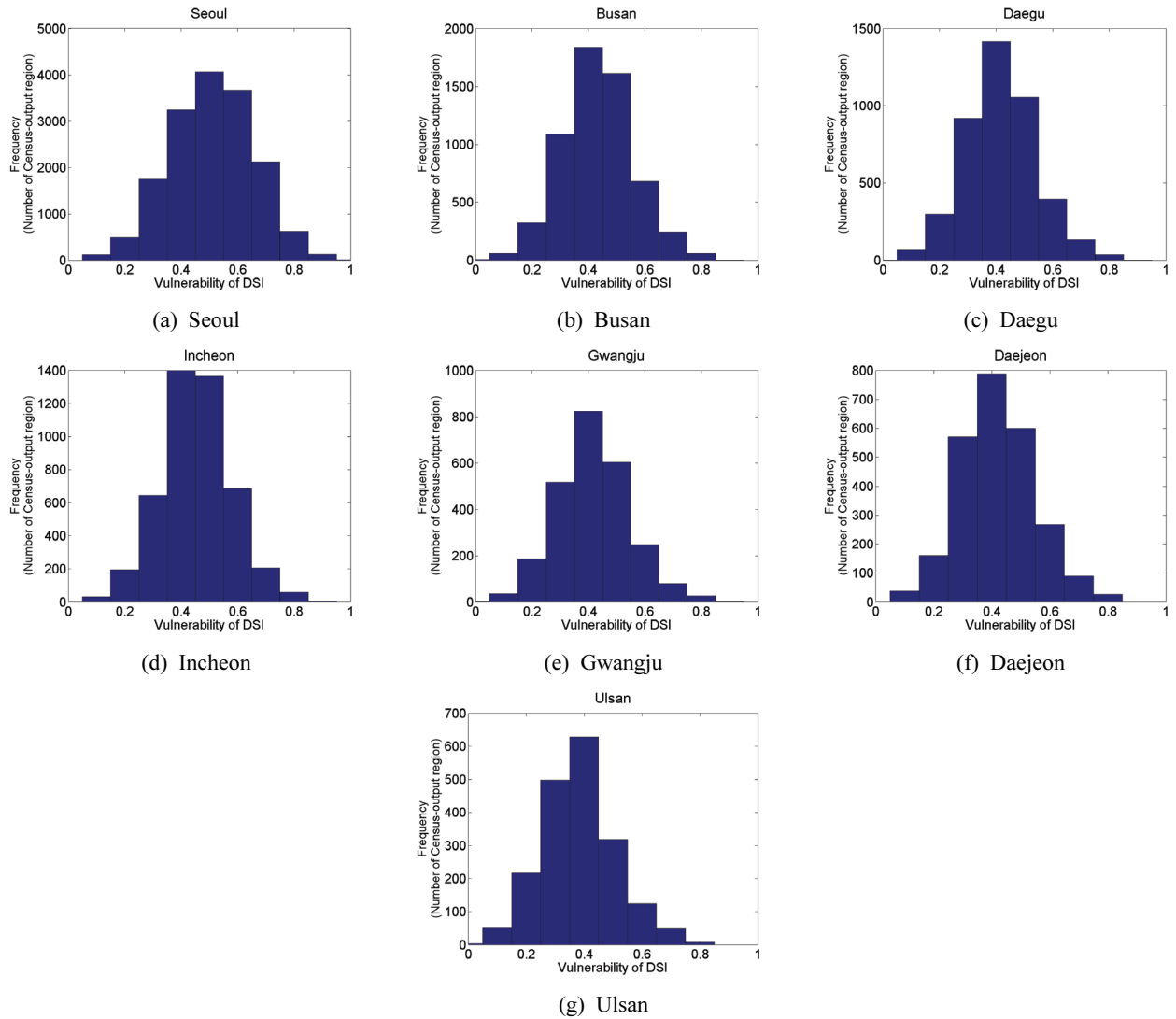


Fig. 3. Histograms of DSI Vulnerability in 7 Metropolitans

시별로 취약정도의 분포를 확인하기 위해 나타난 히스토그램이다. 따라서 히스토그램에 나타난 도수의 총합은 각 광역도시의 집계구 수와 동일하다. DSI의 경우(Fig. 3 참고), 모든 광역도시에서 취약성 분포형태가 정규분포와 유사한 형태로 나타났다. 서울을 제외한 나머지 광역도시에서는 DSI의 취약지수가 0.4 부근에서 가장 빈번하였으며, 서울은 0.5 부근에 취약지수가 가장 빈번하게 나타남을 확인하였다. 이는 서울이 가지는 인명 및 사회를 구성하는 구조가 다른 지역에 비해 자연재해에 더 취약함을 의미한다.

재해로 인한 2차 피해를 유발하는 요소가 자연재해로부터 얼마나 취약한지를 의미하는 TSI의 경우(Fig. 4 참고), 서울과 부산의 TSI 분포 형태는 정규분포와 유사한 형태를 보이고 있으나 나머지 도시는 그렇지 않았다.

재해에 대한 지자체의 대비 및 대처능력을 나타내는 세부 지표인 PRI는 DSI와 TSI와는 달리 자료의 개수가 매우 적으며, 이를 히스토그램화 하기는 적절하지 않아 각 광역시

의 자치구별로 산정된 PRI 취약성을 평균하여 광역도시별로 Fig. 5에 도시하였다. PRI의 취약성이 높을수록 자연재해에 대한 지자체의 대비 및 대처능력이 떨어짐을 의미한다. 부산, 대구, 인천 순으로 PRI 취약성이 높게 산정된다. 반면에 서울이 7개의 광역도시에서 PRI의 취약성이 가장 낮게 평가되었다. 해당 지표가 의미하는 바는 동일한 규모의 자연재해가 서울과 부산에 발생한다면, 재해에 대한 대비 및 대처능력에 있어 그 능력치가 가장 높은 서울은 신속하게 재해에 대비하거나 대처할 수 있으나 부산의 경우에는 그렇지 못하다는 것을 의미한다. 따라서 지자체가 가지는 재해대비 및 대처능력을 개선하기 위한 방재사업을 진행하게 된다면, 우선적으로 부산과 대구에서부터 시행되어야 할 것으로 판단된다.

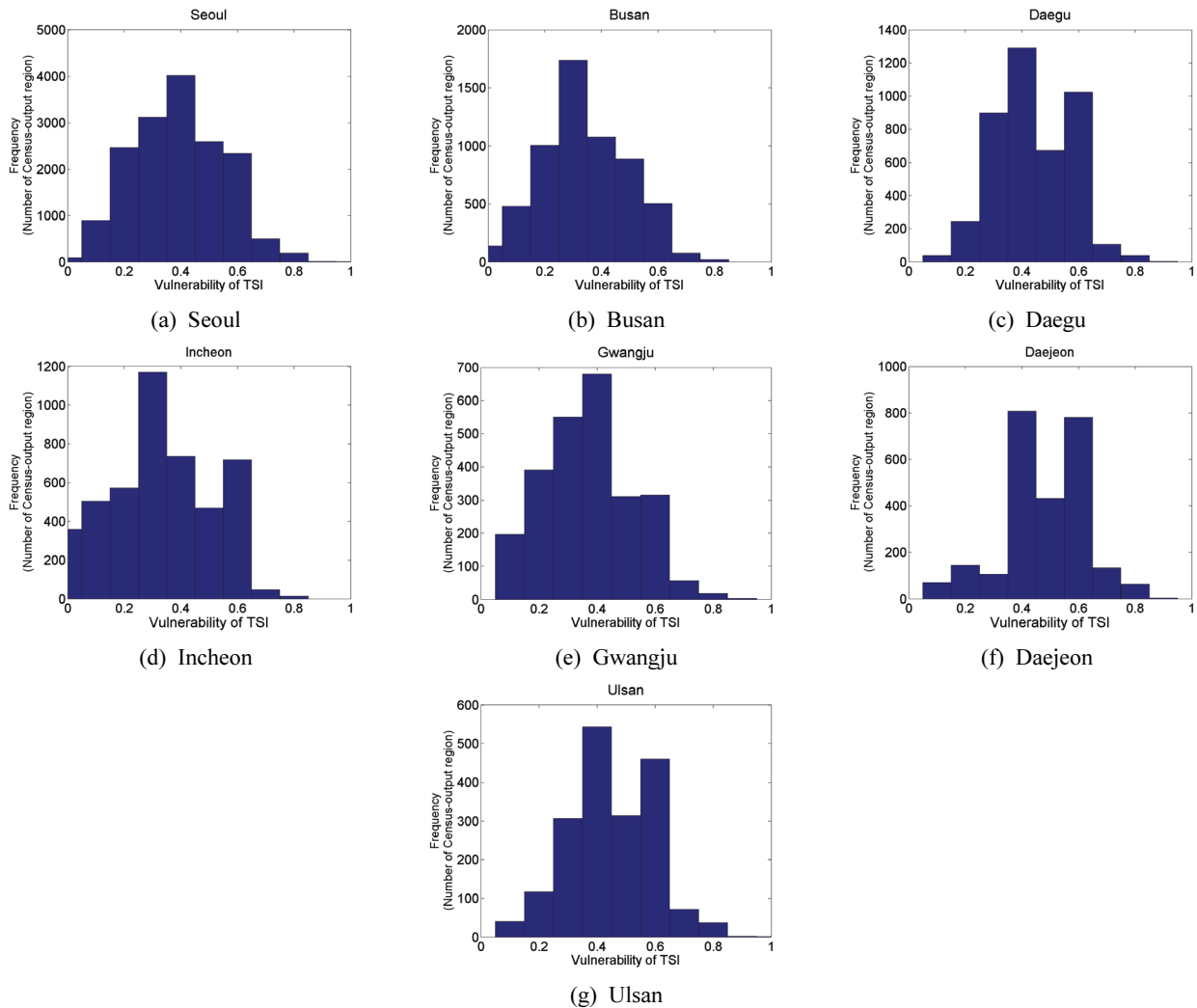


Fig. 4. Histograms of TSI Vulnerability in 7 Metropolitan

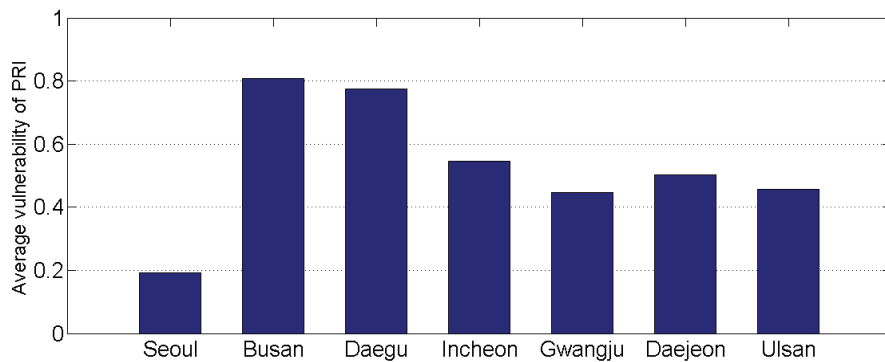


Fig. 5. Average Vulnerabilities of PRI in 7 Metropolitan

### 3.2 광역도시 사회경제적 취약성 평가

본 연구에서는 인구가 밀집되어있는 7개의 광역도시를 기준으로 동일한 기준으로 사회경제적 취약성을 평가하기 위한 방법론을 제시하였다. 사회경제적 취약성은 크게 3가지 측면에서 우선적으로 산정되고, 이를 다시 가중 평균하

여 자연재해에 대한 사회경제적 취약성을 산정할 수 있다. 이 때, 취약성을 총 5개의 등급(매우취약, 취약, 보통, 안전, 매우안전)으로 구분하여 나타내었다. 5개의 등급은 Jenks Natural break 알고리즘(Jenks, 1967)을 적용하여 구분하였다. 해당 알고리즘은 등급 내 자료의 분산은 줄이고 등급



간의 분산을 최대화시켜 공간적으로 표현되는 자료를 시각화하는데 효과적인 방법 중 하나이다. ArcGIS에서는 Jenks가 제안한 알고리즘을 이용한 자연적 구분법을 제공하고 있어 손쉽게 자료를 등급화하여 도시할 수 있다.

Fig. 6에서 Fig. 9는 본 연구에서 대상으로 한 7개의 광역도시를 수도권지역(서울, 인천), 호서지역(대전), 호남지역(광주), 영남지역(부산, 대구, 울산)으로 구분하여 각각의 취약성 등급을 도시하였다. Fig. 6은 서울특별시와 인천광역시를 포함하는 수도권지역의 사회경제적 취약성 평가 결과이다. 서울은 비교적 자연재해에 대하여 사회경제적 취약성이 낮음을 확인할 수 있다. 금천구, 중구 및 일부 집계구의 경우에 취약지표가 취약(0.52 - 0.63) 또는 매우취약(0.64 - 1.00)하다고 확인되나 16,230개의 집계구의 약 5% 해당하며, 그 수가 매우 적음을 알 수 있다. 인천은 서울에 비하여 사회경제적으로 재해에 더 취약한 것으로 평가되었다. 인천의 집계구 중에서도 비교적 도시화가 이루어진 곳에서 SVI

가 더 높은 것으로 산정되었다. 사회경제적 취약성 등급이 취약 또는 매우취약으로 평가된 집계구는 인천 전체 집계구(4,588개)의 약 35%에 해당한다.

Fig. 7과 Fig. 8에는 광주와 대전의 사회경제적 취약성 평가결과를 나타내었다. 광주는 총 2,522개의 집계구로 구성되어 있으며, 이 중의 13%는 자연재해에 대해 취약 또는 매우취약하다고 평가되었다. 대전의 경우에는 전체 집계구(2,542개) 중 약 32%에 해당하는 822개의 집계구에서 취약 또는 매우취약으로 사회경제적 취약성 등급이 산정되었다. 광주와 대전은 서로 비슷한 개수의 집계구로 구성되어 있으나 SVI가 0.52 이상인 집계구는 대전이 약 2배 더 많음을 확인할 수 있다. 이는 광주보다는 대전이 자연재해에 취약한 지역이 더 많다는 것을 의미한다.

영남지역은 다른 지역에 비해 SVI가 높게 산정되었다(Fig. 9 참고). 영남지역의 SVI가 높게 산정된 것은 영남지역에 위치한 부산, 대구의 PRI의 취약성(Fig. 5 참조)이 다른 광역

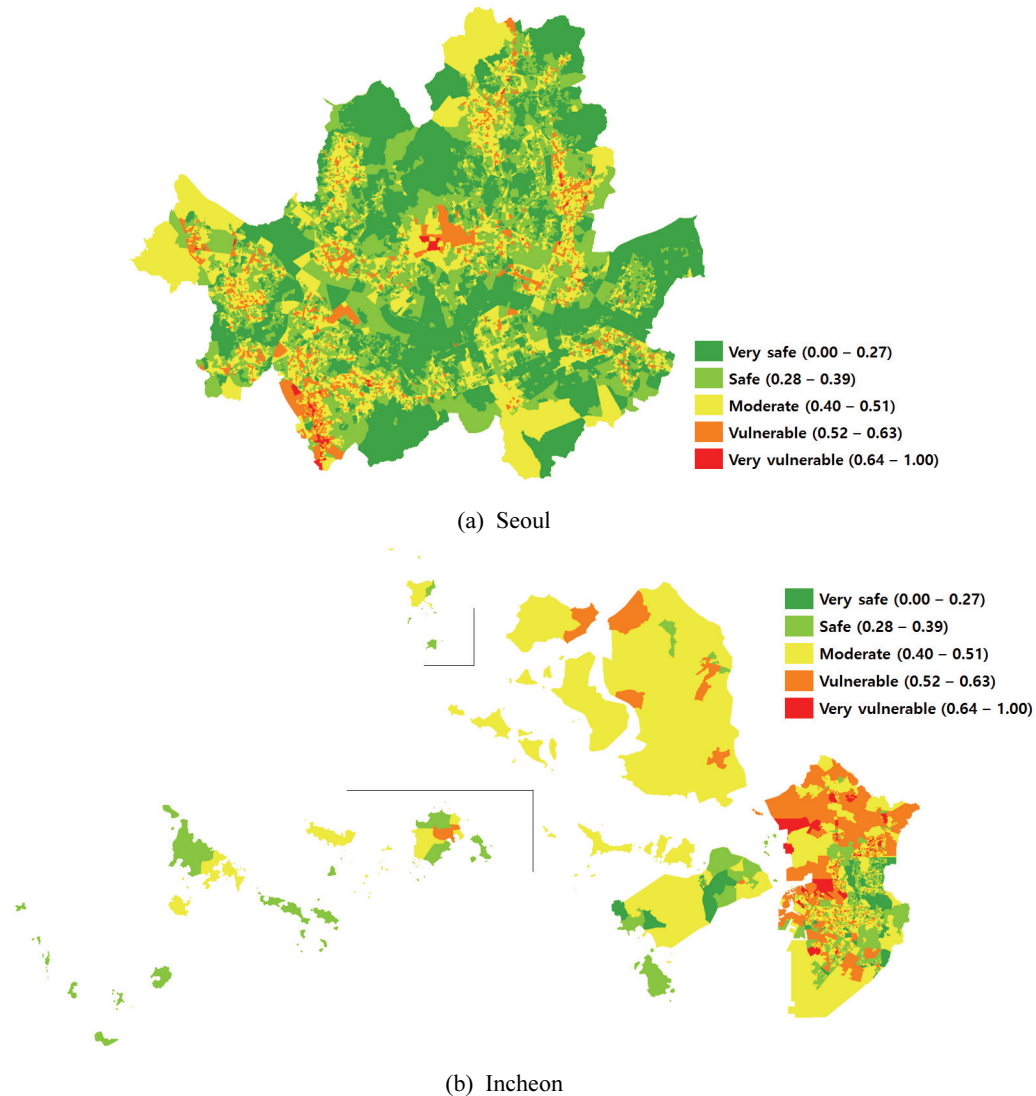


Fig. 6. Socio-economic Vulnerability Index in Seoul Metropolitan District

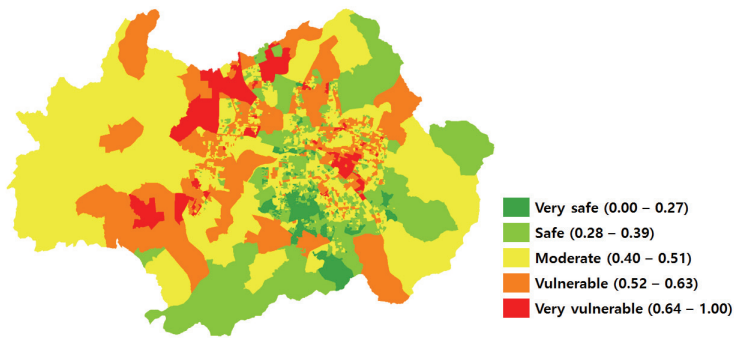


Fig. 7. SVI in Honam District (Gwangju)

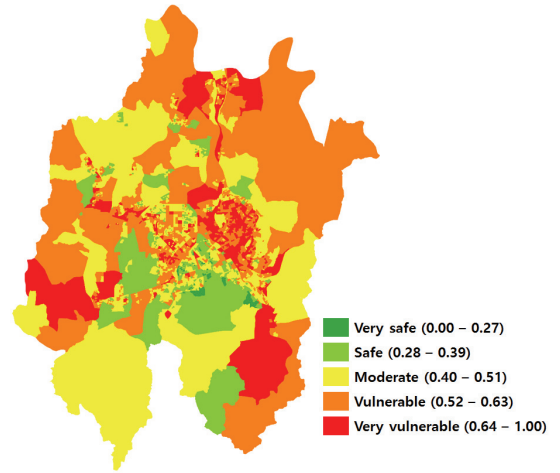
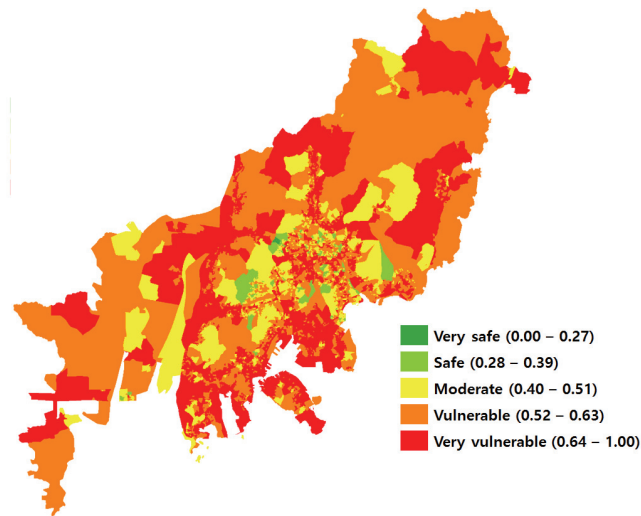
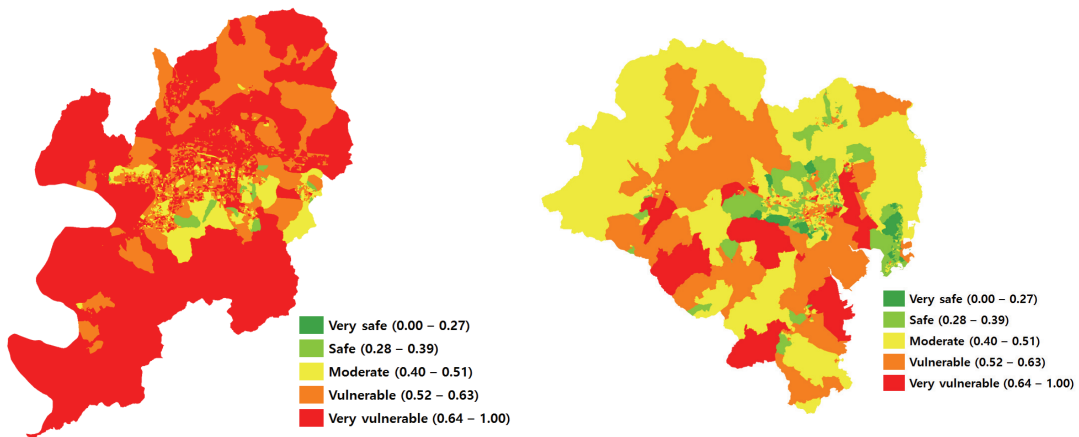


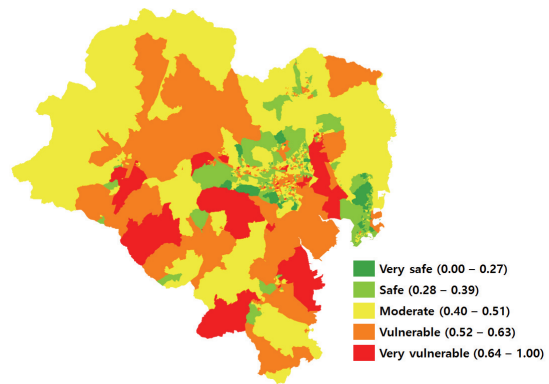
Fig. 8. SVI in Hoseo District (Daejeon)



(a) Busan



(b) Daegu



(c) Ulsan

Fig. 9. Socio-economic Vulnerability Index in Yeongnam District

도시에 비해 높게 평가된 것에서 비롯된다. PRI는 SVI를 산정함에 있어 비교적 높은 가중치를 가지고 있어 SVI 산정에 많은 영향을 미치게 되기 때문이다. 특히 부산은 전체 집계구(5,921 개)의 약 92 %가 취약성이 취약 또는 매우취약으로 산정되어 사회경제적 취약성 개선을 위한 사업이 우선적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다. 대구는 전체 4,320개의 집계구 중 약 88 %가, 울산은 1,896개 집계구 중 256개 집계구(약 14 %)가 취약성이 취약 또는 매우 취약함으로 평가되었다.

#### 4. 결론

우리나라는 대도시 즉, 광역도시에 인구가 밀집되는 양상을 보이고 있으며, 실제로도 우리나라 인구의 약 45 %가 7개 광역도시에 거주하고 있다. 이는 해당지역의 사회구조가 매우 복잡하게 연결되어 있음을 뜻하며, 그 구성요소 중 하나라도 피해를 입게 되면 연쇄적으로 피해를 입게 됨을 의미한다. 반대로 중소도시의 경우에는 인구밀도가 광역도시에 비해 현저하게 낮아 사회구성요소 하나가 피해를 입게 되어도 연쇄적인 피해가 광역도시에 비해서는 적을 것이다. 이 때문에 동일한 기준으로 광역도시와 중소도시의 사회경제적 취약성 평가를 하는 것이 적절하지 않다. 본 연구에서는 우리나라 7개 광역도시를 대상으로 동일한 기준을 이용하여 사회경제적 취약성을 평가하였다. 취약성 평가 결과, 수도권지역의 사회경제적 재해 취약성은 다른 지역에 비해 낮게 산정되었고, 영남지역의 사회경제적 취약성은 다른 지역에 비해 높게 산정되어 자연재해로 인한 사회경제적 취약성 개선사업이 시급한 것으로 판단된다. 특히, 부산과 대구의 경우에는 PRI의 취약성이 다른 도시에 비해 높게 산정되었다. 따라서 해당지역의 사회경제적 취약성 개선을 위해서는 PRI를 구성하는 항목을 우선적으로 개선할 필요가 있다. 우리나라 방재행정이 자치구 또는 시군구 단위로 수행되고 있기 때문에 재해에 대한 사회경제적 취약성을 자치구 또는 시군구 단위로 수행하는 것이 합당할 수 있으나, 광역도시가 가지는 복잡한 사회구조를 반영할 수 없게 된다. 본 연구결과를 살펴보면, 같은 자치구일지라도 이를 구성하고 있는 사회구조가 상이하기 때문에 취약성도 상이하게 산정됨을 확인할 수 있다. 따라서 복잡한 사회구조를 가진 광역도시를 대상으로 방재사업의 우선순위를 선정하기 위해서는 집계구 단위와 같은 세밀한 해상도의 취약성평가가 수행되어야 한다. 또한 자연재해는 서울, 부산과 같이 도시전체에 동시에, 동일한 규모로 발생하지 않는다. 토사재해의 경우에는 산지주변에서 발생할 것이며, 홍수로 인한 풍수해는 하천인근에서 발생할 것이다. 이와 같이 재해종류에 따라서 그 발생지역 및 영향범위가 달라진다. 따라서 보다 정확한 재해의 사회경제적 취약성을 파악하기 위해서는 자연재해의 영향범위가 추가적으로 고려되어야 한다.

추후 연구에서는 자연재해의 영향범위를 고려한 사회경제적 취약성 평가가 수행되어야 할 것이다.

자연재해에 대한 피해정도를 사전에 인식하고 자연재해로 인한 피해 저감을 위한 방재사업을 수행하기 위해서는 광역도시 뿐 만 아니라 전국 단위의 사회경제적 취약성평가 자료가 필요하다. 이미 산림청에서는 산사태가 발생할 수 있는 지역을 총 5개의 등급으로 구분하여 전국의 산지를 대상으로 산사태 위험지도를 구축하여 산사태에 관련된 연구 및 산사태 예방 및 복구 사업 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 자연재해에 대한 사회경제적 취약성 평가 역시 산사태 위험지도와 마찬가지로 그 결과를 지도로 도시할 수 있으며, 이를 전국으로 확대하다면 자연재해 피해 저감을 위한 방재사업을 수행함에 있어 중요한 자료로 활용할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 대상범위가 우리나라 광역도시에 국한되어 있지만, 전국에 걸쳐 자연재해에 대한 사회경제적 취약성 지도를 작성하기 위한 기초연구로써 연구 방법론 및 결과를 후속연구에서도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업의 연구비지원(13건설연구S04)에 의해 수행되었습니다.

#### References

- Cutter, S.L., Boruff, B.J., and Shirley, L.W. (2003) Social vulnerability environmental hazards. *Social Science Quarterly*, Vol. 84, No. 2, pp. 242-261.
- Carreño, M.L., Cardona, O.D., and Barbar, A.H. (2007) A disaster risk management performance index. *Natural Hazards*, Vol. 41, No. 1, pp. 1-20.
- Eakin, H., and Bojórquez-Tapia, L.A. (2008) Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis. *Global Environmental Change*, Vol. 18, pp. 112-127.
- Eidsvig, U.M.K., McLean, A., Vangelsten, B.V., Kalsnes, B., Ciurean, R.L., Argyroudis, S., Vinter, M.G., Mavrouli, O.C., Fotopoulou, S., Pitilakis, K., Baills, A., Malet J.-B., and Kaiser, G. (2014) Assessment of socioeconomic vulnerability to landslide using an indicator-based approach: methodology and case studies. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 73, pp. 307-324.
- Jenks, G. F. (1967) The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography*,

Vol. 7, pp. 186-190.

- Kim, D., Jung, Y., Park, M.J., Yoon, J.Y., Kim, S., and Choi, M. (2011) Vulnerability analysis of water resources considering climate change. *Journal of Korea Wetland Society*, Vol. 13, No. 1, pp. 25-33.
- Kim, H.S., Park, G.J., Kim, S.D., Choi, M.H., Pakr, M. J., and Yoon, J.Y. (2012) Assessment of flood vulnerability considering climate change and large-scale river restoration project. *Journal of Korea Society of Hazard Mitigation*, Vol. 12, No. 2, pp. 107-113.
- Park, Y., Jeong, S., and Kim, S. (2014) Natural disaster vulnerability assessment at boroughs and census output areas in seoul focusing on socio-economic perspective. *Journal of Korea Society of Hazard Mitigation*, Vol. 14, No. 6, pp. 439-449.
- Park, Y., Kim, J., Jo, D.J., and Kim, S. (2015) Urban mud and debris flow disaster vulnerability assessment associated with landslide hazard map: Application to Busan, Korea. *Journal of Korea Society of Hazard Mitigation*, Vol. 15, No. 5, pp. 283-289.
- Park, Y., Pradhan, A.M.S., Kim, U., Kim, Y., and Kim, S. (2016a) Development and application of urban landslide vulnerability assessment methodology reflecting social and economic variables. *Advances in Meteorology*, Vol. 2016.
- Park, Y., Yang, J.-S., and Kim, S. (2016b) Social and economic disaster vulnerability assessment considering urban characteristics of seoul. *Journal of Korea Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 1, pp. 337-345.
- Saaty, T. L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, pp. 83-98.
- Safeland (2012) Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies, Deliverable D2.6 Methodology for evaluation of the socio-economic impact of landslides (socio-economic vulnerability).
- Siagan, T.H., Purhadi, P., Suhartono, S., and Ritonga, H. (2014) Social vulnerability yo natural hazards in Indonesia: driving factors and policy implications. *Nat Hazards*, Vol. 70, pp. 1603-1617.
- Smith, K., and Ward, R. (1998) *Floods: physical processes and human impacts*. Chichester: Wiley.

---

<b>Received</b>	November 2, 2016
<b>Revised</b>	November 4, 2016
<b>Accepted</b>	November 21, 2016